

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра « Теплогазоснабжение, вентиляция, водообеспечение и прикладная
газодинамика »

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

« Б.1.1.16 Газодинамика »

направления подготовки

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль «Энергообеспечение предприятий» б4ТТЭН

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 3

зачетных единиц – 5

часов в неделю - 4

всего часов – 180

лекции – 28

коллоквиумы – 8

практические занятия – 18

лабораторные занятия – 18

самостоятельная работа – 108

экзамен – 3 семестр

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель преподавания дисциплины: изучение теоретических основ гидрогазодинамики и формирование практических умений и навыков в области современных методов расчета и исследования процессов движения жидкости и газа.

Задачи изучения дисциплины:

- приобретение практических навыков расчета течений с использованием основных уравнений гидрогазодинамики;

- выработка профессиональных умений в области экспериментального исследования и анализа гидрогазодинамических процессов, необходимых для решения практических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

В соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к базовой части профессионального цикла.

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ОПК-2, ПК-4.

Содержание указанных компетенций заключается в выработке у студентов в результате обучения:

- способности демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовности выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2);

- способности к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-4).

Для формирования компетенции ОПК-2 необходимы базовые знания, полученные при изучении таких дисциплин как: Б.1.1.6 Математика (общий курс), Б.1.1.8 Физика (общая), Б.1.1.10 Экология, Б.1.1.12 Материаловедение. Технология конструкционных материалов, Б.1.1.13 Механика, Б.1.1.14 Техническая термодинамика, Б.1.1.15 Тепломассообмен

Дисциплина «Гидрогазодинамика» является базовой для изучения следующих дисциплин: Б.1.1.17 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, Б.1.1.20 Электротехника и электроника, Б.1.2.4 Теоретическая механика, Б.1.2.5 Спецглавы математики, Б.1.2.11 Физико-химические основы горения, Б.1.3.3.1 Физико-химические основы теплотехнических, теплоэнергетических и теплотехнологических процессов, Б.1.3.3.2 Физико-химические основы подготовки рабочих тел и теплоносителей в теплоэнергетике и теплотехнологиях, Б.1.3.4.2 Физико-химические основы водоподготовки, Б.1.3.5.1 Основы трансформации теплоты.

Для формирования компетенции ПК-4 необходимы базовые знания, полученные при изучении таких дисциплин как: Б.1.1.14 Техническая термодинамика, Б.1.1.15 Тепломассообмен.

Дисциплина «Гидрогазодинамика» является базовой для изучения следующих дисциплин: Б.1.1.20 Электротехника и электроника, Б.1.2.7 Котельные установки и парогенераторы, Б.1.2.9 Источники и системы теплоснабжения, Б.1.3.2.1 Математические методы экспериментальных исследований в теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях, Б.1.3.2.2 Алгоритмизация и моделирование в теплоэнергетике и теплотехнологии, Б.1.3.8.2 Основы системного анализа энергетического хозяйства промпредприятий, Б.1.3.9.1 Обследование и испытания теплоэнергетического оборудования промпредприятий, Б.2.4 Производственная практика (НИР), Б.3 Государственная итоговая аттестация.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов, особенности физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей;

уметь: применять знания при решении инженерных задач прикладного характера;

владеть: методиками проведения эксперимента и обработки результатов опытных данных; методами расчета параметров гидрогазодинамических процессов.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№	Наименование темы	Всего часов	Лекции и	из них в интеракт. форме			СРС
				Колл.	Лабор. работы	Практич. занятия	
1	Краткий исторический обзор. Предмет курса гидрогазодинамики. Примеры гидромеханических задач из техники. Объект изучения. Основные физические свойства жидкостей и газов: плотность, удельный вес, сжимаемость, изменение объема при изменении температуры, текучесть, вязкость. Два режима движения жидкости и газа. Гипотеза сплошности.	18	2	1	1	2	12
2	Гидростатика. Силы, действующие в жидкостях: объемные (массовые) и поверхностные. Свойства гидростатического давления. Уравнение равновесия жидкости Л. Эйлера.	19	4	1		4/2	10

	Определение сил давления покоящейся жидкости на плоские и криволинейные поверхности. Распределение давления в покоящемся газе при изотермическом и адиабатическом состояниях газов. Закон Архимеда.						
3	Кинематика. Причины возникновения движения жидкостей. Виды движения жидкостей. Линия тока, элементарная струйка, живое сечение, расход: объемный, массовый и весовой, средняя скорость. Уравнения движения жидкости Л. Эйлера. Основная теорема кинематики - теорема Коши-Гельмгольца. Интегрирование уравнения движения Эйлера. Уравнение движения в форме Громеки-Ламба. Уравнения неразрывности.	15	4	1	-	2/1	8
4	Примеры полного исследования движения жидкостей. Геометрическое и энергетическое интерпретация уравнения Бернулли для идеальной и вязкой жидкости. Одномерные потоки жидкостей и газов. Плавноизменяющееся течение. Движение потока вязкой жидкости. Линия полной энергии, пьезометрическая линия, геометрический, пьезометрический и гидравлический уклоны. Уравнение Бернулли для газов при изотермическом и адиабатическом состоянии. Уравнение Гюгонио, сопло Лаваля. Параметры торможения. Критическая скорость. Газодинамические функции. Скачки уплотнения. Природа гидравлических сопротивлений. Основное уравнение равномерного движения. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкостей. Максимальная и средняя скорости при ламинарном режиме. Турбулентное течение жидкости и его характеристики. Зоны гидравлического сопротивления. Зависимости для коэффициента Дарси и области их применения. Местные гидравлические сопротивления, потери напора в некоторых из них.	55	8	2/1	13/5	8/3	24

5	Гидравлический расчет трубопроводов. Простой трубопровод и три основные задачи его расчета. Параллельное и последовательное соединение трубопроводов. Аэродинамический расчет трубопроводов для газов. Понятие о движении двухфазных сред. Основные параметры течений. Гидравлический расчет истечения жидкостей. Истечение из малых и больших отверстий в тонкой стенке. Истечение жидкости через насадки. Гидравлический удар в трубах.	33	2	1	4/2	2	24
6	Обтекание тел потоком вязкой жидкости, ламинарный и турбулентный пограничные слои. Толщина пограничного слоя. Явление отрыва. Сопротивление трения и сопротивление давления. Дифференциальные уравнения ламинарного пограничного слоя. Интегральные соотношения Кармана.	27	4	1			22
7	Моделирование гидродинамических явлений. Физическое, аналоговое и математическое моделирование. Физические модели. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Критерии гидромеханического моделирования. Использование вычислительной техники в процессе моделирования.	13	4	1			8
	Всего:	180	28	8/1	18/7	18/6	108

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Понятие гидравлики. Жидкость как объект изучения гидравлики. Гипотеза сплошности.	1-10
2	2	2	Плотность. Удельный вес. Относительный удельный вес. Сжимаемость жидкости. Температурное расширение жидкости. Растворение газов. Кипение. Сопротивление растяжению жидкостей. Вязкость. Неньютоновские жидкости. Определение вязкости жидкости.	1-10
3	2	3	Изменение характеристик рабочих жидкостей. Последствия загрязнения рабочей жидкости. Применяемые жидкости.	1-10
4	2	4	Силы, действующие в жидкости. Основное уравнение гидростатики. Следствия основного уравнения гидростатики. Приборы измерения давления.	1-10

5	2	5	Частные случаи интегрирования уравнений Эйлера. Покой жидкости под действием силы тяжести. Прямолинейное равноускоренное движение сосуда с жидкостью. Покой при равномерном вращении сосуда с жидкостью.	1-10
6	2	6	Сила давления жидкости на плоскую стенку. Центр давления. Сила давления жидкости на криволинейную стенку. Гидростатический парадокс. Основы теории плавления тел.	1-10
7	2	7	Виды движения (течения) жидкости. Типы потоков жидкости. Струйная модель потока.	1-10
8	2	8	Уравнение неразрывности для элементарной струйки жидкости. Уравнение неразрывности в гидравлической форме для потока жидкости при установившемся движении. Дифференциальные уравнения неразрывности движения жидкости.	1-10
9	2	9	Дифференциальные уравнения Эйлера для движения идеальной жидкости. Преобразование уравнений Эйлера. Исследование уравнений Эйлера. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса).	1-10
10	2	10	Уравнение Бернулли.	1-10
11	2	11	Два режима течения жидкости. Физический смысл числа Рейнольдса. Основные особенности турбулентного режима движения. Возникновение турбулентного течения жидкости. Возникновение ламинарного режима.	1-10
12-14	6	12-14	Критерии подобия. Гидравлический расчёт трубопровода. Особые режимы течения жидкости.	1-10

6. Содержание коллоквиумов

№ темы	Всего часов	№ коллоквиума	Тема коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на коллоквиуме	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
3	2	1	Применяемые жидкости.	1-10
5	2	2	Прямолинейное равноускоренное движение сосуда с жидкостью.	1-10
6	2	3	Сила давления жидкости на криволинейную стенку.	1-10
8	2	4	Дифференциальные уравнения неразрывности и движения жидкости.	1-10

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Гипотеза сплошности.	1-10
2	2	2	Вязкость. Неньютоновские жидкости. Определение вязкости жидкости.	1-10
3	2	3	Последствия загрязнения рабочей жидкости. Применяемые жидкости.	1-10
4	2	4	. Следствия основного уравнения гидростатики.	1-10
5	2	5	Частные случаи интегрирования уравнений Эйлера. Покой жидкости под действием силы тяжести.	1-10
7	2	6	Типы потоков жидкости. Струйная модель потока.	1-10
9	2	7	Преобразование уравнений Эйлера. Исследование уравнений Эйлера.	1-10
10	2	8	Уравнение Бернулли.	1-10
11	2	9	Физический смысл числа Рейнольдса.	1-10

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	4	3
4	2	Исследование режимов движения жидкости и опытная проверка критерия Рейнольдса.	6,8
8	4	Исследование коэффициента гидравлического трения.	6,8
11	4	Определение коэффициента местных сопротивлений для различных элементов гидроарматуры.	6,8
13	4	Исследование работы водомера Вентури и построение тарировочной кривой.	6,8
14	4	Исследование обтекания крылового профиля методом ЭГДА.	6,8

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
6	16	Центр давления.	1-10
8	24	Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса).	1-10
9	14	Силы, действующие в жидкости.	1-10

10	26	Уравнение неразрывности в гидравлической форме для потока жидкости при установившемся движении.	1-10
11	28	Покой жидкости под действием силы тяжести.	1-10

10. Расчетно-графическая работа

Не предусматривается

11. Курсовая работа

Не предусматривается

12. Курсовой проект

Не предусматривается

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В результате изучения данной дисциплины при освоении бакалаврской образовательной программы «Промышленная теплоэнергетика» у обучающегося должны сформироваться компетенции ОПК-2 и ПК-4, установленные ФГОС ВО по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» для расчетно-проектной, проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности. Перечень основных компонентов, технология и этапы формирования, а также методы оценки уровня сформированности указанных компетенций применительно к трубопроводным системам и другому гидрогазодинамическому оборудованию теплоэнергетических и теплотехнологических установок представлены в следующей таблице.

Карта компетенций					
Компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования	Метод оценивания	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ОПК-2	Способность демонстрировать базовые знания в области естественных дисциплин, готовности выявлять естественную сущность проблем, возникающих	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> как применить основные законы естествознания при решении конкретных инженерных задач; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать со справочной и нормативной литературой; - использовать основные расчетные зависимости в разных случаях 	<p>Лекции; лабораторные и практические занятия; СРС в библиотеке, с электронными ресурсами; выполнение индивидуальных заданий</p>	<p>Устный ответ; выполнение индивидуального задания СРС; доклад и презентация по материалам СРС; ответы на вопросы в процессе презентации; компьютерное тестирование</p>	<p>Пороговый</p> <p>Знает: о существовании основных законов естествознания, описывающих физический смысл процессов, происходящих при течении жидкости и газа;</p> <p>Умеет: сформулировать естественнонаучную сущность проблемы ;</p> <p>Владеет:</p>

	их в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	конкретного проектирования; -выполнять элементарные измерения гидравлических величин Владеет: –основными методами математического моделирования гидрогазодинамических процессов; –методами экспериментальных исследований при решении прикладных задач.		; экзамен	навыками постановки конкретных инженерных задач. Продвинутый Знает: как работать со справочными и нормативными документами; Умеет: выполнять элементарные измерения гидравлических величин; Владеет: навыками конструирования гидравлических систем; Высокий Знает: суть физических и математических моделей гидрогазодинамических процессов; Умеет: строить физические и математические модели гидрогазодинамических процессов; Владеет: навыками теоретического и экспериментального исследования;
--	---	---	--	-----------	--

ПК-4	Способность и к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов	Знать: - методику проведения физических экспериментов ; - основные расчетные зависимости и их применение при решении инженерных задач;	Лекции; лабораторные и практические занятия; СРС в библиотеке, с электронными ресурсами; выполнении	Устный ответ; выполнение индивидуального задания СРС; доклад и презентация по материалам СРС; ответы	Пороговый Знает: физический смысл процессов при течении жидкости и газов; Умеет: пользоваться основными расчетными зависимостями при решении
------	---	---	---	--	---

с привлечение м соответствующего математического аппарата		<p>Уметь: анализировать и обобщать результаты экспериментов; -выполнять элементарные измерения гидравлических величин; Владеть: навыками обработки и анализа полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата;</p>	е индивидуаль-ных заданий	на вопросы в процессе презентации; компьютерное тестирование ; экзамен	инженерных задач; Владеет: навыками постановки конкретных инженерных задач. Продвинутый - Знает: как работать со справочными и нормативными документами; , Умеет: выполнять элементарные измерения гидравлических величин; Владеет: навыками конструирования экспериментальных установок гидрогазодинамических систем; Высокий Знает: характерные особенности проведения экспериментов по заранее разработанной программе исследований; Умеет: анализировать и обобщать результаты экспериментов Владеет: навыками использования математического аппарата при обработке результатов исследований.
---	--	---	---------------------------	--	---

Критерии оценивания

Содержательные

- демонстрация теоретических знаний;
- демонстрация приобретенных умений и навыков;
- достоверность представленных сведений – в тексте докладов (презентаций) должны содержаться ссылки на все использованные источники информации;
- логичность, аргументированность изложения;
- выражение собственного мнения, основанного на научном подходе;

Формальные

- четкая структура ответа или доклада;
- наглядность визуальных (иллюстрационных) материалов презентации;
- подробное описание методики выполнения лабораторной работы, ее приборного обеспечения, представление полученных результатов, наличие цели работы и выводов;
- четкость ответов на заданные вопросы – выслушав вопрос, следует подтвердить, что он понят, в ином случае следует либо уточнить непонятые детали, либо честно признать свою неготовность ответить, пауза на размышление не должна превышать 10 секунд.

К экзамену по дисциплине обучающиеся допускаются при выполнении следующих условий:

- предоставлении отчетов по всем выполненным лабораторным работам;
- предоставлении материалов СРС в виде отчета о выполнении индивидуального задания или доклада с презентациями;
- положительных результатах компьютерного тестирования.

Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 вопроса из перечня «Вопросы для экзамена». Оценивание проводится по пятибалльной системе. «5» - студент демонстрирует отличные теоретические знания при ответе на экзаменационные и дополнительные вопросы, использует в ответе специальную терминологию, излагает правильно, логично свои мысли, быстро решает ситуационные практические задачи. «4» - допускает неточности при ответе на вопросы, знает специальные термины, способен решать ситуационные практические задачи. «3» - демонстрирует знание основных принципов, ориентируется в специальных терминах, но допускает ошибки и неточности, отвечая на конкретные вопросы билета. «2» - не верно отвечает на все принципиальные вопросы, не знает основных расчетных зависимостей и специальной терминологии.

Вопросы входного контроля

1. Поясните смысл закона сохранения энергии.
2. Масса, скорость, ускорение твердого тела. Второй закон Ньютона.
3. Момент силы. Определение момента равнодействующей силы (теорема

моментов).

4. Равномерное движение. Принцип Даламбера.
5. Полная и частные производные функций. Полный дифференциал и его свойства.
6. Физические свойства жидкостей и газов.

Вопросы рубежного контроля № 1

1. Понятие жидкой и газообразной среды. Текучесть.
2. Гидростатическое давление и его свойства.
3. Единицы измерения давления.
4. Основной закон гидростатики. Гидростатический напор и его физический смысл.
5. Поверхности равного давления.
6. Равновесие жидкости в поле сил тяжести. Основное уравнение гидростатики.
7. Поясните выражение «напор равен 12 метров». Относительно чего определяется напор?
8. Измерение давления высотой столба жидкости. Техническая атмосфера и ее величина.
9. Определение величины силы давления на плоские стенки.
10. Что понимают под «центром давления». Как определить центр давления.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Физические свойства жидкостей и газов.
2. Плотность и удельный вес жидкостей.
3. Системы единиц измерений СИ и МКГСС.
4. Закон Паскаля. Простейшие гидротехнические механизмы
5. Закон сообщающихся сосудов.
6. Плавание тел. Закон Архимеда.

Вопросы рубежного контроля № 2

Вопросы, рассматриваемые на аудиторных занятиях

1. Два метода описания движения жидкости и газа.
2. Струйная модель движения жидкости и газа (линия тока, трубка тока, элементарная струйка, расход).
3. Понятие потока жидкости. Средняя скорость потока.
4. Уравнения Навье – Стокса.
5. Модель идеальной (невязкой) жидкости.
6. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Два вида потерь напора. Принцип суммирования потерь напора.
7. Два режима движения жидкости. Число Рейнольдса.
8. Турбулентное движение жидкости. Турбулентные касательные напряжения. Одномерные потоки жидкостей и газов.

9. Определение потерь напора по длине при равномерном турбулентном режиме. Формула Дарси – Вейсбаха.
10. Пять зон гидравлического сопротивления.
11. Определение местных потерь напора. Формула Вейсбаха.
12. Суммирование потерь напора.
13. Расчет коротких трубопроводов: истечение через короткий трубопровод в атмосферу.
14. Расчет длинных трубопроводов. Последовательное и параллельное соединение труб.
15. Гидравлический удар при мгновенном закрытии запорного устройства. Положительный и отрицательный гидроудар.
16. Стадии полного гидроудара.
17. Влияние трения на величину гидроудара.
18. Формула Жуковского.
19. Постепенное закрытие запорного устройства. Неполный гидроудар.
20. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке.
21. Затопленное истечение.
22. Коэффициенты истечения и их определение.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Ламинарное равномерное движение в круглой трубе. Формула Пуазейля.
2. Схема применения уравнения Бернулли.
3. Гидравлическая классификация движений.
4. Мероприятия по предупреждению и снижению величины гидроудара.
5. Истечение жидкости через насадки.
6. Различные типы насадок.

Вопросы рубежного контроля № 3

Вопросы, рассматриваемые на аудиторных занятиях

1. Свойства газовой среды.
2. Уравнение состояния.
3. 1-й закон термодинамики. Теплоемкость.
4. Адиабатический процесс. Формула Майера.
5. Энтальпия. 2-й закон термодинамики.
6. Энтропия.
7. Скорость звука. Число Маха.
8. Уравнение неразрывности.
9. Уравнения Эйлера.
10. Интеграл Бернулли.
11. Уравнение Бернулли – Сен-Венана.
12. Температура торможения.
13. Истечение газа из котла под большим давлением. Формула Сен-Венана – Ванцеля.

14. Максимальная скорость истечения.
15. Измерение скорости в дозвуковом потоке.
16. Связь между скоростью течения газа и формой его струи. Сопло Лавалья.
17. Основные соотношения для прямого скачка уплотнения.
18. Формула Прандтля.
19. Ударная адиабата. Невозможность существования скачков разряжения в адиабатических процессах (теорема Цемплена).
20. Измерение скоростей в сверхзвуковом потоке.
21. Течения газа с трением.
22. Случай теплоизолированного газопровода.
23. Изотермическое течение в газопроводе.

24. Течение подогреваемого газа при больших скоростях.
25. О распространении детонации и горения в газах.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Распространение малых возмущений в газе.
2. Скорость звука в движущемся газе.
3. Связь между скоростью течения газа и формой его струи.
4. Звуковая волна как скачок уплотнения бесконечно малой интенсивности.
5. Прямоточный реактивный двигатель.
6. Элементарная ударная труба.

Вопросы для экзамена

1. Определение жидкости и её физические свойства; закон внутреннего трения Ньютона; силы действующие в жидкости.
2. Гидростатическое давление и его свойства.
3. Вывод уравнений равновесия Эйлера.
4. Основное уравнение гидростатики, полное, избыточное давление, вакуум.
5. Давление на плоские поверхности. Центр давления
6. Давление покоящейся жидкости на криволинейную поверхность. Тело давления.
7. Основные определения кинематики и гидродинамики. Виды движения.
8. Теорема Коши-Гельмгольца.
9. Два метода описания движения жидкости.
10. Уравнения неразрывности для несжимаемых жидкостей в гидравлической и дифференциальной формах.
11. Уравнения движения идеальной жидкости
12. Уравнения Бернулли для идеальной и реальной струйки. Их геометрический и энергетический смысл.
13. Вывод уравнения Бернулли для потока.
14. Классификация гидравлических сопротивлений.
15. Режимы движения жидкости. Число Re.
16. Вывод основного уравнения равномерного движения.
17. Ламинарный режим движения жидкости в круглой трубе.

18. Турбулентный режим движения жидкости.. Полуэмпирические теории турбулентности.
19. График Никурадзе.
20. Формула Шези.
21. Истечение из отверстий и насадков.
22. Гидравлический расчет трубопроводов. Гидравлический удар.
23. Введение в газодинамику. Основные уравнения. Скорость звука. Число Маха.
24. Сопло Лаваля. Связь между скоростью и площадью сечения потока.
25. Параметры торможения.
26. Истечение газа из котла. Критическая скорость истечения.
27. Газодинамические функции.
28. Скачки уплотнения. Прямой скачок, ударная адиабата.
29. Основы потенциального течения жидкости.. Гидродинамическая сетка.
30. Уравнения Навье- Стокса.
31. Основы теории пограничного слоя.
32. Основы теории моделирования. Критерии подобия.

14. Образовательные технологии

Для успешной реализации образовательного процесса по дисциплине «Гидрогазодинамика» и повышения его эффективности используются как традиционные педагогические технологии, так и методы активного обучения: лабораторные работы с использованием современных измерительных средств (ультразвуковой расходомер, ультразвуковой толщиномер, ультразвуковой уровнемер, насосные установки), компьютерное моделирование.

Удельный вес занятий, проводимых с использованием активных и интерактивных методов обучения, в целом по дисциплине составляет аудиторных занятий (в ФГОС ВПО не менее 20%).

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

(позиции раздела нумеруются сквозной нумерацией и на них осуществляются ссылки из 5-13 разделов)

1. Обязательные издания

1. Кузнецов, В. А. Основы гидрогазодинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Кузнецов В. А. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. - 108 с.:
Режим доступа: http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r_13/cgiirbis_64.exe
2. Андрижиевский А. А. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : учебное пособие / Андрижиевский А. А. - Минск : Вышэйшая школа, 2014. - 207 с.: Режим доступа: http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r_13/cgiirbis_64.exe
3. Шнеерсон Е. З. Теоретическая механика. Раздел «Динамика». Динамика материальной точки, общие теоремы динамики, удар [Электронный ресурс] : учебное пособие / Шнеерсон Е. З. - Санкт-Петербург : Российский

- государственный гидрометеорологический университет, 2013. - 70 с. Режим доступа: http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r_13/cgiirbis_64.exe
4. В.А. Кудинов Гидравлика [Электронный ресурс] / В.А. Кудинов. - Москва : АБРИС, 2012. - . - ISBN 978-5-4372-0045-2 : Б. ц.
Гидравлика: Учеб. пособие/В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. - М.: Абрис, 2012. - 199 с .. Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200452.html>

2.Дополнительная литература

5. Чугаев, Р. Р. Гидравлика [Текст] : (техническая механика жидкости) / Р. Р. Чугаев. - 6-е изд., репринт. - М. : ИД "Бастет", 2013. - 672 с.Экземпляры всего: 29 .
6. Алексеев Г. В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа» [Электронный ресурс] : учебное пособие / Алексеев Г. В. - Саратов : Вузовское образование, 2013. - 132 с.Режим доступа:
http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r_13/cgiirbis_64.exe
7. Гидравлика (Основы статики и динамики жидкости, Прикладная механика жидкости и газа) [Электронный ресурс] : задачник / сост. В. А. Никитин. - Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2008. - 227 с.Режим доступа: http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r_13/cgiirbis_64.exe

3.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- 8.Высоцкий И.С., Изюмов Ю.А., Попов В.С. Общая гидравлика. Методические указания к выполнению учебно-исследовательских работ. СГТУ,2009г.

4.Периодические издания

9. Известия РАН. Механика жидкости и газа. - М.: Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр РАН "Издательство "Наука". - Выходит один раз в два месяца. - ISSN 0568-5281. 1990-2014.
10. Вестник Саратовского государственного университета. Изд-во СГТУ, Выходит один раз в квартал месяца. - ISSN 1999-8341. 2003-2014.

5.Интернет-ресурсы

11. <http://window.edu.ru/window/library> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

6.Источники ИОС

12. Гидрогазодинамика
https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/PT/13.03.01_pt/b.1.1.16/default.aspx

16. Материально-техническое обеспечение

Для реализации образовательной деятельности по дисциплине необходимы аудитории со стандартным оснащением для ведения лекционных и лабораторных занятий.

Необходимая площадь аудиторий со стандартным оборудованием для ведения лекционных занятий составляет 40 м² на группу студентов. Для проведения лабораторных работ требуются лаборатории гидравлики и газовой динамики (площадь 60 м²), оборудованные: лабораторными установками, макетами и фрагментами, мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций и учебных оцифрованных кинофильмов по дисциплине.

Информационное и учебно-методическое обеспечение образовательной деятельности по дисциплине включает электронную информационно-образовательную среду СГТУ имени Гагарина Ю.А., использование наглядных пособий и презентаций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».